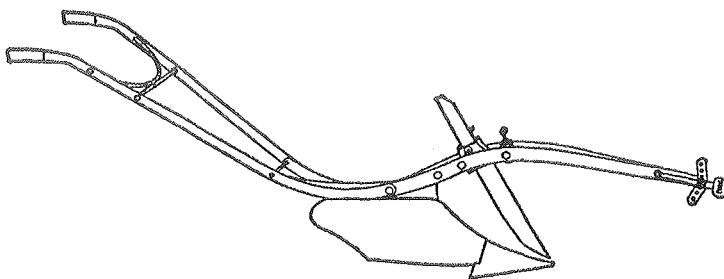




Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil Sciences,
Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 40

2002

**Projektarbeten i kursen jordbearbetning
och hydroteknik, maj 2002**

*Project works in the course soil management
and hydrotechnics, May 2002*

ISSN

1102-6995

ISRN

SLU-JB-M--40--SE

Innehåll

1. Låga marktryck i odling med och utan plöjning.
Maria Ehrnebo, Olof Friberg & Björn Roland.
2. Mätning av tryck och deformation i marken med lastceller och lägessensorer för låga och normala marktryck.
Matts-Ola Anselmsson, Daniel Eriksson, Karin Gustafsson & Eva Nylund
3. Inverkan av bearbetningstidpunkt på hösten på markens fysikaliska egenskaper, främst i såbädden.
Kristina Eek, Olof Johansson, David Hårsmar.
4. Försök med ekoskär - luckring av plogsulan.
Fredrik Andersson, Karin Hamnér & Carina Ortiz.

Ovanstående arbeten är utförda som projektarbeten i kursen MV 0060, jordbearbetning och hydroteknik, våren 2002. Arbetena är självständiga forskningsuppgifter, baserade på mätningar i pågående fältförsök, och har utförts med stort engagemang från studenternas sida.

Maj 2002

Johan Arvidsson, kursansvarig



Institutionen för markvetenskap
Avdelningarna för hydroteknik och jordbearbetning

2002-05-24

LÅGA MARKTRYCK I ODLING MED OCH UTAN PLÖJNING

Projektarbete i jordbearbetning och hydroteknik, MV0060

Maria Ehrnebo, Olof Friberg & Björn Roland

Handledare: Johan Arvidsson

SAMMANFATTNING

Intresset för reducerad jordbearbetning har ökat de senaste åren och därmed efterfrågas resultat från fältförsök med olika jordbearbetningssystem. I ett långliggande fältförsök studerades hur markfysikaliska egenskaper påverkas av jordbearbetningssystem med respektive utan plöjning samt normala respektive låga ringtryck. Som referens ingick dessutom ett led med permanent vall. För att undersöka markens packningsgrad mättes konduktivitet, skrymdensitet och penetrationsmotstånd på olika djup. Resultaten visade att penetrationsmotståndet i matjordens centrala och nedre del var högre i det plöjningsfria jordbearbetningssystemet. Konduktiviteten var högre i permanent vall än i odlade system. Mätningarna tyder också på att de markfysikaliska egenskaperna förbättras vid användning av låga ringtryck.

INLEDNING

I det traditionella jordbearbetningssystemet i Sverige ingår plöjning och såbäddsberedning. I samband med "energikrisen" på 70-talet väcktes intresset för plöjningsfria jordbearbetningssystem. Tanken var att minska energiåtgången i jordbearbetningen genom att utesluta plöjningen. Eftersom plöjningen utgör ett viktigt led i ogräsregleringen var de nya, effektiva herbiciderna en förutsättning för denna förändring (Riley *et al.*, 1994). På senare år har intresset för plöjningsfria jordbearbetningssystem återigen ökat. Anledningen är att de sjunkande spannmålspriserna gör det nödvändigt för lantbrukarna att minska kostnaderna för jordbearbetningen. Istället för plogen används vanligtvis kultivator eller tallriksredskap.

En övergång till ett plöjningsfritt jordbearbetningssystem leder till förändringar i markstrukturen. Dessa är enligt Riley *et al.* (1994):

- Ökad skrymdensitet och penetrationsmotstånd i matjordens centrala och nedre del.
- Minskad luftfylld porositet och gasutbyte och ibland ökad vattenhållande förmåga.
- Minskad infiltrationskapacitet i ytan, men i vissa fall ökad hydralisk konduktivitet i den tidigare plogsulan.
- Ökad aggregatstabilitet, ökad dagmaskförekomst och mer gynnsamma förhållanden för bildning av sammanhängande porer.

Till viss del orsakas dessa förändringar av att de redskap som ersätter plogen, kultivator och tallriksredskap, har ett mindre bearbetningsdjup (10-15 cm) och därför inte ger samma grundliga luckring av matjorden. I plöjningsfria odlingssystem är det därför extra viktigt att undvika packning av marken (Håkansson, 2000). Ett sätt att minska packningen, framförallt i matjorden, är att använda större däck med lägre ringtryck (Arvidsson, 2001).

Markpackning kan mätas med olika metoder. Skrymdensiteten kan användas som ett mått på packningen eftersom jorden kompakteras vid körning. Vid kompakteringen förstörs dessutom de stora porer som har den största betydelsen för vattenflödet genom marken. Därmed minskar den mättade, hydraliska ledningsförmågan, konduktiviteten. Trots att skrymdensiteten vanligtvis är högre i oplöjd jord kan en ökad andel sammanhängande porer göra att konduktiviteten är lika hög som i plöjd jord. Konduktiviteten kan därför vara ett bättre mått på packningen än skrymdensiteten (Arvidsson, 1997). Även penetrometermotståndet kan användas som ett mått på packningen. Resultatet kan dock

variera mycket mellan olika provtagningstillfällen och värdena ska därför inte ses som absoluta utan användas för att jämföra olika parametrar i samma försök.

Syftet med försöksserien R2-7115 vid avdelningen för jordbearbetning, SLU, är att studera hur markpackningen påverkas av primärbearbetningsmetod och däcksutrustning samt hur de båda parametrarna samspelar. I den här rapporten beskrivs resultatet av undersökningar med avseende på markpackning (skrymdensitet, mättad konduktivitet och penetrometermotstånd) som gjordes i försöksserien i maj 2002. Hypotesen är att marken som bearbetas utan plog är känsligare för markpackning än den mark som plöjs.

MATERIAL OCH METODER

Försöket var lagt som ett långliggande randomiserat blockförsök, start 1997, med fyra block. Varje block delades in i fem rutor à 12x20 meter, där varje ruta motsvarande ett led. De fem olika leden var:

- A1 Plöjt, normala ringtryck (80 kPa)
- A2 Plöjt, låga ringtryck (40 kPa)
- B1 Ej plöjt, normala ringtryck (80 kPa)
- B2 Ej plöjt, låga ringtryck (40 kPa)
- E Pemanent vall, obehandlad

Jordarten på platsen var styv lera. Traktorn som användes vägde 4210 kg på bakaxeln och 2210 kg på framaxel. Däckutrustning bak var 650/65 R38 däck.

Jordprover togs ut med cylindrar, höjd 50 mm och diameter 72 mm, i varje ruta i tre block på djupen 10-15 cm och 25-30 cm. Fyra cylindrar togs ut på varje djup. Cylindrarna vattenmättades för att kunna göra mättade genomsläppsmätningar på jorden, dessa gjordes vid ett tryck på 0,10 mvp under en timma. Konduktiviteten (cm/h) beräknades enligt Darcys lag: $K = \frac{Q \cdot dx}{A \cdot d\Phi}$. För att bestämma jordens skrymdensitet torkades proverna vid 105 °C och vägdes därefter.

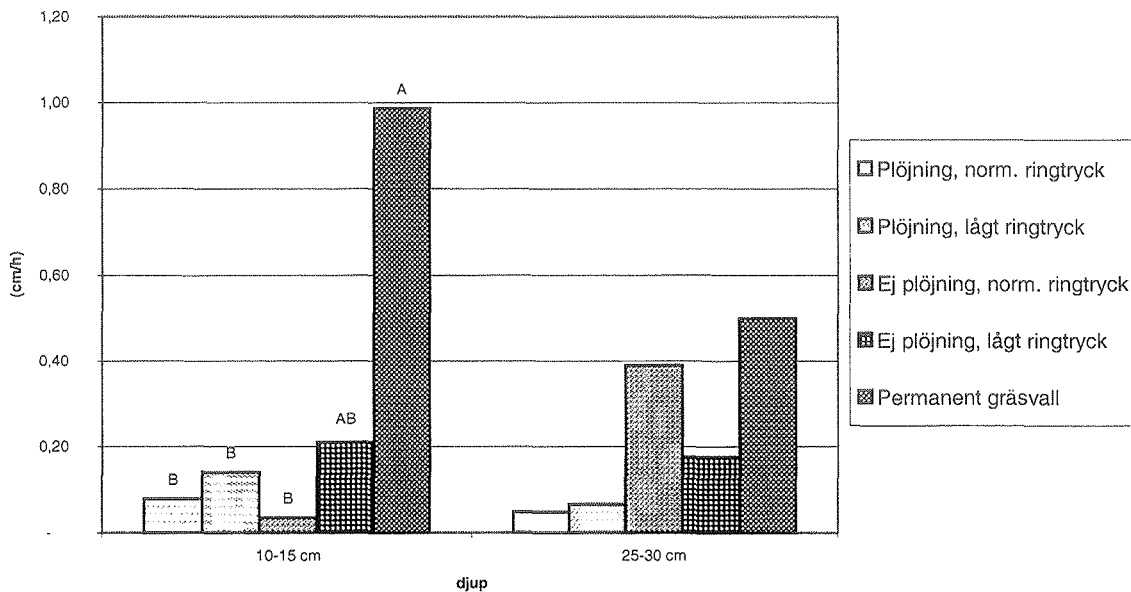
För att få ett mått på jordens penetrationsmotstånd (hållfasthet och rotmotstånd) användes en penetrometer av handburen modell. I varje ruta i de fyra blocken togs tolv stick. Penetrationsmotståndet mättes ner till 50 cm.

På de olika parametrarna, genomsläpplighet, skrymdensitet och penetrationsmotstånd, togs ett logaritmiskt medelvärde fram för konduktiviteten och ett aretmetiskt medelvärde fram för skrymdensitet och penetrationsmotstånd, för de olika leden och djupen. Dessa data bearbetades sedan i statistikprogrammet SAS.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Konduktivitet

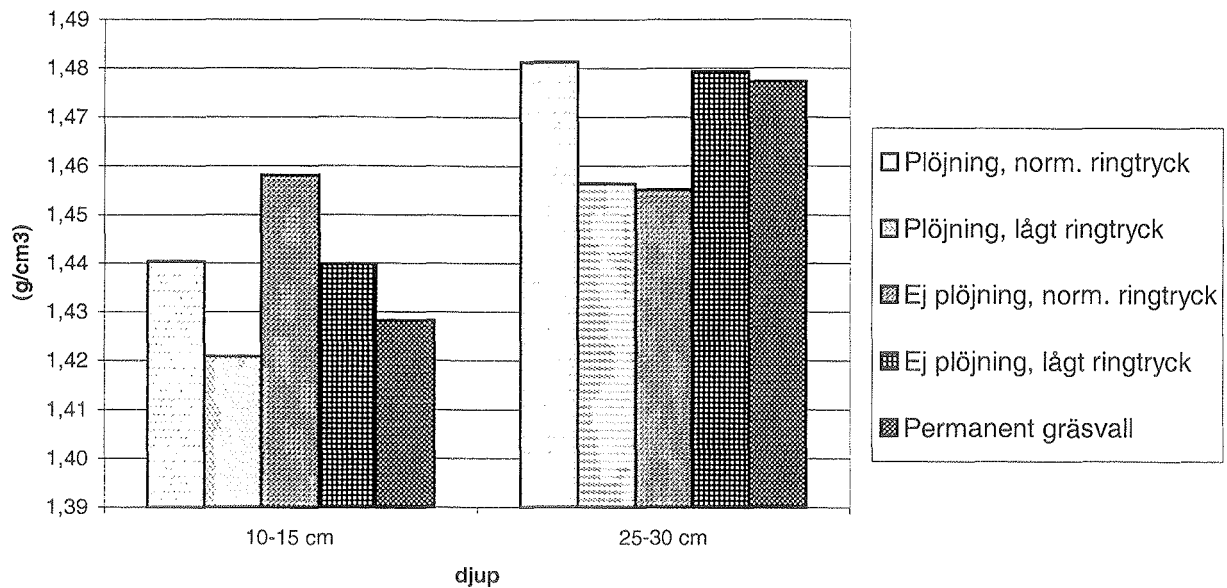
I figur 1 nedan redovisas resultaten från mätningarna av konduktivitet i de olika leden. Både i övre delen av matjorden (10–15 cm) och i plogsulan (25–30 cm) var konduktiviteten högst i den permanenta gräsvallen och i matjorden är skillnaden signifikant ($p < 0,05$). Skillnaden är förmodligen en konsekvens av att marken inte har packats av maskiner under de senaste åren, att den genomrotats väl och att dagmaskförekomsten förmodligen var hög. Inga signifikanta skillnader mellan de olika jordbearbetningssystemen har framkommit. I matjorden var konduktiviteten högre vid låga ringtryck, vilket förmodligen beror på att trycket från maskinerna fördelas på en större yta. Det låga ringtrycket tycks ha haft större effekt i det plöjningsfria ledet än i det plöjda vilket kan tyda på att det plöjningsfria systemet är känsligare för packning än det plöjda. Värdena för konduktiviteten i plogsulan är högre i de plöjningsfria leden än i de plöjda, detta beror förmodligen på att det i de plöjningsfria leden inte utvecklas någon kompakt plogsula, skillnaden är dock inte statistiskt signifikant. Tendensen stämmer väl överens med tidigare gjorda erfarenheter (Riley, *et al.*, 1994).



Figur 1. Konduktivitet för olika jordbearbetningssystem och däcksutrustning. Staplar med skilda bokstavsbeteckningar visar resultat som är signifikant åtskilda ($p < 0,05$).

Skrymdensitet

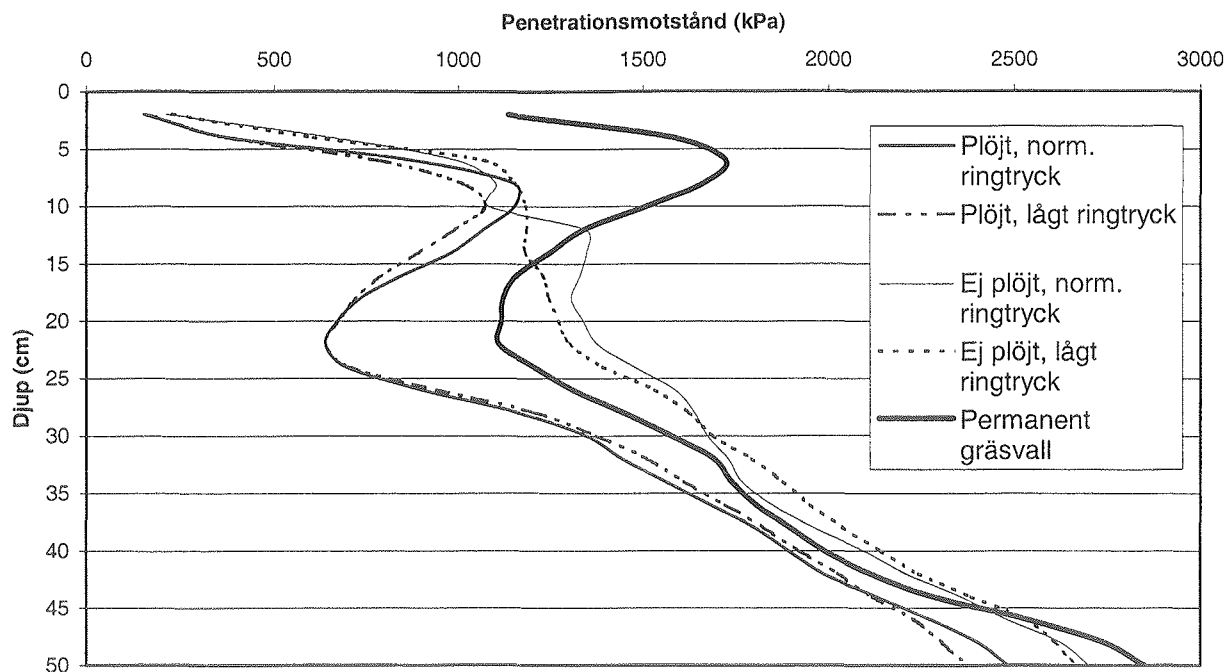
Resultaten från mätningar av skrymdensitet redovisas i figur 2 nedan. I undersökningarna framkom inga statistiskt signifikanta skillnader, varken i övre delen av matjorden eller i plogsulan. Det finns dock en tendens till att skrymdensiteten var lägre vid låga ringtryck och, med undantag för led B1, att den var lägre i matjorden än i plogsulan. Att skrymdensiteten skulle vara lägre vid låga ringtryck är förmodligen en orsak av att marken inte packas lika mycket som vid höga ringtryck.



Figur 2. Skrymdensitet för olika jordbearbetningssystem och däcksutrustning.

Penetrationsmotstånd

I figur 3 nedan redovisas resultat från mätningar med penetrometern i de olika leden. Ned till ca 10 cm ökade penetrationsmotståndet i alla led och det var inga stora skillnader mellan de plöjda och plöjningsfria leden. De små skillnaderna tyder på att översta delen av jorden packats ungefär lika mycket oberoende av jordbearbetningssystem. Det finns dock en tendens till att penetrationsmotsåndet i de plöjda leden var lägre i ledet med låga ringtryck. Även om skillnaderna inte var signifikanta så skulle de kunna tyda på lägre packningsskador i det ledet. Nedanför 10 cm fortsatte motståndet att öka i de plöjningsfria leden medan det minskade i de plöjda leden och i det gräsbevuxna ledet. På 15-30 cm djup var penetrationsmotståndet signifikant ($p < 0,05$) högre i de plöjningsfria leden jämfört med de plöjda leden. Skillnaden beror förmodligen på att luckringseffekten från plöjningen har bestått även efter vårbruket medan tidigare packning i de plöjningsfria leden består. Högre penetrationsmotstånd i centrala och nedre delen av matjorden i plöjningsfri odling har även visats i flera tidigare undersökningar (Riley *et al.*, 1994; Stenberg *et al.*, 1992 & Rydberg, 1987). I nedre delen av matjorden (12-25 cm djup) i de plöjningsfria leden finns en tendens till att penetrationsmotståndet var lägre i ledet med låga ringtryck, skillnaderna var dock ej statistiskt signifikanta.



Figur 3. Penetrationsmotstånd för olika jordbearbetningssystem och däcksutrustning.

Alla undersökningsmetoder för att mäta packningsgraden, penetrationsmotstånd, konduktivitet och skrymdensitet, tyder på att packningen blir mindre vid användning av låga ringtryck. Under försökets tre första år (1998–2000) har skörden varit ungefär densamma i leden med normala ringtryck som i leden med låga ringtryck men 2001 var första året som låga ringtryck entydigt gav högre skörd (Arvidsson et.al., 2002). Detta skulle kunna förklaras av att marken gradvis förbättrats och därmed inte gett någon effekt på skörden förrän efter fyra år. Skörderesultaten från 2001 har i så fall förmodligen ett samband med de tendenser som kommit fram i våra markfysikaliska undersökningar som tyder på att låga ringtryck ger mindre packning.

Genomgående i försöket har varit att där skrymdensiteten är hög är konduktiviteten låg.

SLUTSATSER

Enligt mätningar med penetrometer är penetrationsmotståndet i matjordens centrala och nedre del högre i det plöjningsfria jordbearbetningssystemet.

Konduktiviteten är högre i permanent vall än i odlade system.

Även om resultaten inte är statistiskt verifierade tyder de på att låga ringtryck minskar packningsskadorna på jorden. Detta förstärks av försökens skörderesultat från 2001. Eftersom markfysikaliska processer tar lång tid är det viktigt att fortsätta med undersökningar under flera år framöver för att få tillförlitliga data som kan visa hur markfysikaliska egenskaper och skörd påverkas av olika bearbetningssystem.

REFERENSER

- Arvidsson, J. 1997. *Soil Compaction in Agriculture – from Soil Stress to Plant Stress*. Doctoral thesis. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Arvidsson, J. 2001. *Låga marktryck i odling med och utan plöjning*. Red.: Arvidsson, J. I: Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Nr 101. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala. 43-45.
- Arvidsson, J. 2002. *Låga marktryck i odling med och utan plöjning*. Red: Arvidsson, J. I: Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Nr 103. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala. 48-49.
- Håkansson, I. 2000. *Packning av åkermark vid maskindrift*. Nr 99. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Riley, H., Børresen, T., Ekeberg, E. & T. Rydberg. 1994. *Trends in Reduced Tillage Research and Practice in Scandinavia*. Red.: Carter, M.R. I: Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 23-46.
- Rydberg, T. 1987. *Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986*. Nr 76. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Stenberg, M., Comia, R. A., Rydberg, T., Håkansson, I. & S. Gunnarsson. 1992. *Harvsådd i konventionella och plöjningsfria bearbetningssystem*. Nr 83. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.



Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för hydroteknik och jordbearbetning

Mätning av tryck och deformation i marken med lastceller och lägessensorer för låga och normala marktryck

Handledare: Johan Arvidsson, Thomas Keller

Jordbearbetning och hydroteknik, 10p
2002-05-30

Grupp 2
Matts Ola Anselmsson, Daniel Eriksson,
Karin Gustafson, Eva Nylund

SAMMANFATTNING

Hur påverkar dagens allt tyngre maskiner jorden? Genom att med sonder mäta deformation och tryck skapades en bild av hur jorden påverkas vid olika hjulbelastningar, ringtryck och däcksutrustning. Försök gjordes på ett fält nordväst om Ultuna där jordarten är styv lera. Tryck och deformation mättes på tre nivåer, 15, 30 och 50 cm djup. Hjullasten var vid användandet av dubbelmontage 1302 kg och ringtrycket var 40 kPa. Hjullasten för enkelmontage var 2405 kg och ringtrycket var 95 kPa. Dessutom gjordes simuleringar av trycket i marken och resultatet jämfördes med uppmätta värden. Det konstaterades att trycket i marken är starkt relaterad till däcksutrustningen. Trycket på samtliga nivåer var lägre vid användandet av dubbelmontage med 40 kPa än med enkelmontage med 95 kPa ringtryck. Med avseende på tryckutbredningen verkade de båda dubbelmontagehjulen i huvudsak som enskilda hjul. Detta leder till radikalt minskat tryck i den övre delen av alven eftersom att axelbelastningen då delas upp på fyra hjul. Detta ger dubbelmontaget fördelar jämfört med ett enkeldäck med motsvarande kontaktyta. Deformationen följde tryckets utbredning i de olika nivåerna. Plastisk deformation förekom på 15 cm djup och var större med enkelmontage än med dubbelmontage. De simulerade värdena stämde bra överens med de uppmätta vad de gällde tryckets utbredning i marken. Absolutvärdena för trycket skilde sig dock mellan de simulerade och uppmätta resultaten.

INLEDNING

I dagens jordbruk har maskinerna blivit allt större och tyngre. Bakgrunden är att jakten på lägre produktionskostnader leder till att en person ska kunna sköta allt större areal. För att få en hög effektivitet ökar maskinernas storlek och därmed vikten. Detta kan medföra problem med markpackning i både matjord och alv som i sin tur ger negativa effekter på grödans tillväxt. Strukturen på matjorden kan delvis återställas av naturliga processer såsom frost och torka. All jordbearbetning bör genomföras när det är tjäniliga förhållanden och med låga ringtryck. I alven kan det ta lång tid att bli kvitt problemet med packad jord. Det kan avhjälpas genom en bra växtföljd med vall, gärna med djuprotade växter som lucern och svingel-arter (Arvidsson, red 2001). Mekanisk alvluckring har oftast inte visat sig ge några positiva effekter på lång sikt, så det är inte ekonomiskt motiverbart även om ettårseffekter finns. Ett bra råd för att undvika packning är att köra vid rätt tidpunkt och med lätta däckslaster (Håkansson, 2000).

Genom att köra med låga ringtryck minskas packningen i matjorden (Arvidsson, J. *et.al.* 2001). Ett vanligt antagande är att trycket i markytan är det samma som ringtrycket. I verkligheten blir marktrycket normalt något högre än ringtrycket beroende på däckets stelhet. I ett försök med betupptagare gjordes mätningar av ringtryckets betydelse för trycket i marken (Arvidsson, J. (red). 2001). Försöket visade att trycket på 30 cm djup var högre då ett högre ringtryck användes. Effekten av högt och lågt ringtryck avtar med djupet och på 70 cm djup kunde ingen skillnad upptäckas mellan ringtrycken. Genom att använda dubbelmontage ökar möjligheten att sänka ringtrycket eftersom hjullasten minskar (Arvidsson, muntl. medd.).

Definitionen av packning är att skrymdensiteten ökar och detta kan mätas med hjälp av cylindrar. Metoden är dock arbetskrävande och ger dålig säkerhet (Arvidsson, J. *et.al.* 2001). En enklare metod med större precision är att mäta markens rörelse i vertikalled när den packas. Rörelsen, eller deformationen, som sker kan vara av två slag. Elastisk deformation

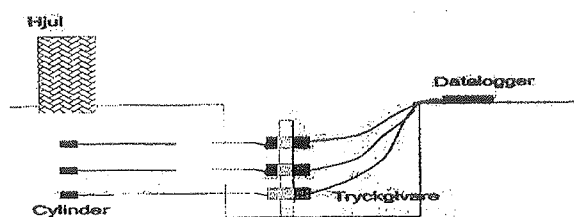
innebär att jorden fjädrar tillbaka och återställs till ursprungligt skick då trycket avlägsnas. Plastisk deformation innebär att rörelsen inte går fullt tillbaka då trycket avlägsnas, vilket medför en ihoptryckning (packning) av marken.

Syfte

Försöket skulle ge en bild hur tryckfördelningen i markprofilen blir under bakhjulen på en 135 hk traktor med en axelbelastning på ca fem ton. En jämförelse gjordes mellan dubbelmontage med 40 kPa i ringtryck och enkelmontage med 95 kPa i ringtryck. I försöket ingick även att studera eventuell samverkan av dubbelmontagen mellan hjulen, vilket om detta förekommer, skulle ge upphov till ett förhöjt tryck i marken. Deformationen av jorden mättes för att få fram den elastiska och plastiska deformationen.

Material och metoder.

Försöket utfördes efter Arvidsson & Andersson (1997). Två gropar grävdes (ca 1x1x1 m) på en åker med styv lera utanför Ultuna. På två motsatta sidor i gropen borrades vertikala hål på 15, 30 och 50 cm djup (se figur1), sammanlagt 12 stycken. I dessa stansades hål ut så att sonder kunde placeras och få en bra jordkontakt. Traktor (se tabell 1) och förare var inlånade från fältpatrullen vid jordbearbetningsavdelningen, institutionen för markvetenskap. Sondernas positioner mättes ut och beräkningar gjordes för att se var traktorns centrum skulle vara för att få bakhjulens körspår på de rätta ställena. Mätningarna för enkelmontage gjordes under kanten samt mitt under bakhjulet. Vid körningen med dubbelmontage var mätpunkterna ytterhjulets kant, mitt under ytterhjulet, mellan hjulen samt mitt under innerhjulet.



Figur 1. Mätupställning vid mätning av marktryck och markrörelser.

Mätningen skedde med 3 sonder. Dessa var utrustade med lastceller som mätte tryck och med lägesgivare som angav den vertikala markrörelsen under traktorns bakhjul vid tre olika djup. Trycket som uppmättes var det maximala trycket över sonden då traktorn passerade. Elektriska impulser samlades i datorn och omarbetades i kalkylprogram Excel från mVolt till rörelse (mm) och tryck (kPa) (Arvidsson red, 2001; Arvidsson & Andersson 1997). Den bestående deformationen samt tryckfördelningen under hjulen räknades ut. Siffrorna behandlades statistiskt i SAS för att bedöma signifikansnivån mellan däcksutrustningarna för varje djup. Ett kalkylark användes för att matematiskt beräkna tryckutbredningen i djupled

enligt Söhne's (1954) ekvationer. Simuleringar gjordes då trycket i kontaktytan antogs vara lika med ringtrycket och då trycket varierade över understödsytan, enligt mätningar med lastceller i övre matjorden.

En av sonderna fallerade i att mäta trycket men deformationsmätningarna gav i samtliga fall utslag. Det medförde att mätningar saknades på vissa djup så nya körningar utfördes med sonderna placerade på 30 och 50 cm. (Vid dessa körningar mätte endast den sond som var placerad på 50 cm djup.) Mätningar gjordes även vid detta senare tillfälle med fem stycken lastceller i ytlagret. Dessa användes för att mäta tryckets fördelning under däckets och för att räkna ut den verkliga understödsytan.

Tabell 1: Faktauppgifter för traktorn som användes i försöken.

Traktor: 135 hk Massey Fergusson med 1000 kg vikt på hydraularmarna

	Enkelmontage	Dubbelmontage:
Ringtryck	0,95 bar	0,4 bar
Totalvikt*	7020 kg	7420 kg
Hjuldimension	650/65	650/65
Axelvikt (bak)	4810 kg	5210 kg
Hjullast/bakhjul	2405 kg	1302 kg

**Dubbelmontaget antogs väga 200 kg per däck inklusive trumma*

RESULTAT

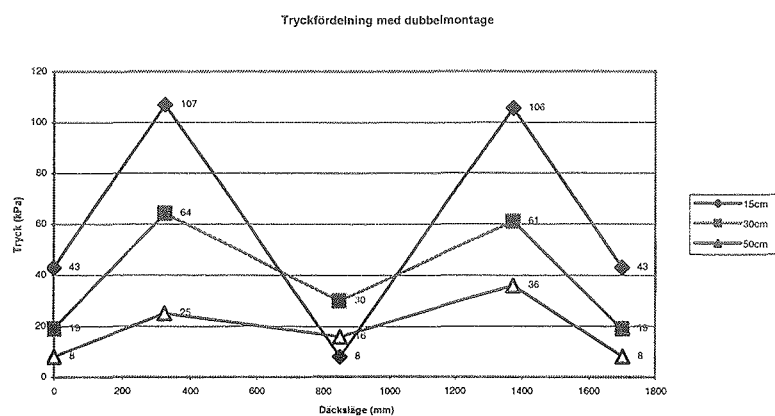
Tryckfördelningen under däcken visas i figur 2 och figur 3 som medelvärden av maxtrycken för de olika körningarna. I figur 4 och figur 5 visas simulerade värden på tryckfördelningen under däcken. I beräkningarna antas att trycket i understödsytan är det samma som ringtrycket. De uppmätta deformationerna på de olika nivåerna åskådliggörs i figur 6 a-f.

Tabell 2a,b,c: Resultat från mätningar i fält vid 15 cm, 30 cm respektive 50 cm djup.

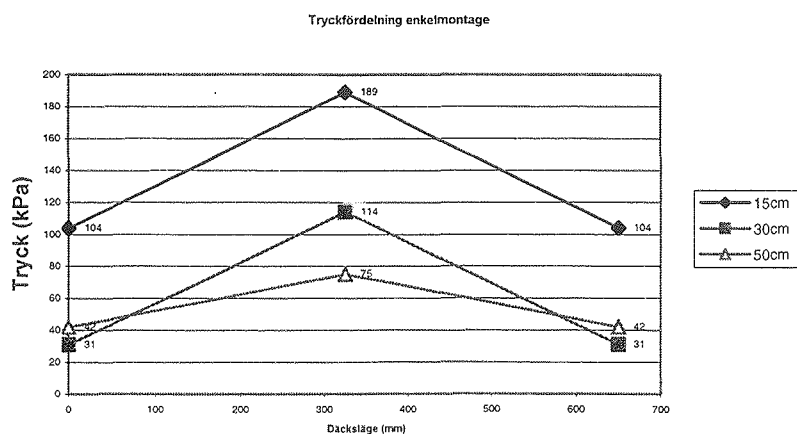
2a	15 cm djup			
Behandling	Total def.	Elastisk	Plastisk	Tryck kPa
Enkelmontage, kant	3,83 B,C	3,65 B,C	0,17 C	76,9 B,C
Enkelmontage, mitt	9,55 A	7,93 A	1,63 A	198,23 A
Dubbelmontage, ytterhjulskant	0,92 D	0,93 D	(-0,01) C,D	43,03 C,D
Dubbelmontage, ytterhjulsmitt	4,69 B	4,00 B,C	0,70 B	106,97 B
Dubbelmontage, mellan hjulen	1,85 C,D	2,23 C,D	(-0,38) D	8,3 D
Dubbelmontage, innerhjulsmitt	4,80 B	4,53 B	0,28 B,C	105,57 B
Signifikans	***	***	***	***

2b	30 cm djup			
Behandling	Total def.	Elastisk	Plastisk	Tryck kPa
Enkelmontage, kant	1,48 B,C	1,46 A,B	0,02 A,B	30,6 C
Enkelmontage, mitt	2,74 A	2,36 A	0,38 A,B	113,9 A
Dubbelmontage, ytterhjulskant	0,52 D	0,47 C	0,05 A,B	18,65 C
Dubbelmontage, ytterhjulsmitt	1,19 B,C,D	1,35 B,C	(-0,16) A,B	64,2 B
Dubbelmontage, mellan hjulen	0,80 C,D	0,78 B,C	0,02 A,B	29,5 C
Dubbelmontage, innerhjulsmitt	1,78 B	1,66 A,B	0,48 A	61,00 B
Signifikans	***	**	n.s.	***

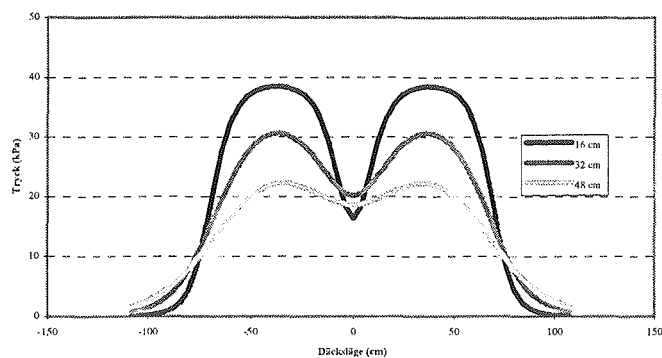
2c	50 cm djup			
Behandling	Total def.	Elastisk	Plastisk	Tryck kPa
Enkelmontage, kant	0,38 B	0,34 B	0,04 A	40,38 B
Enkelmontage, mitt	0,99 A	0,96 A	0,03 A	61,93 A
Dubbelmontage, ytterhjulskant	0,34 B	0,39 B	(-0,05) A	7,79 D
Dubbelmontage, ytterhjulsmitt	0,52 B	0,47 B	0,04 A	21,5 C,D,
Dubbelmontage, mellan hjulen	0,46 B	0,40 B	0,06A	16,45 C,D
Dubbelmontage, innerhjulsmitt	0,36B	0,36 B	0,6 A	29,65 B,C
Signifikans	*	P= 0,052	n.s.	***



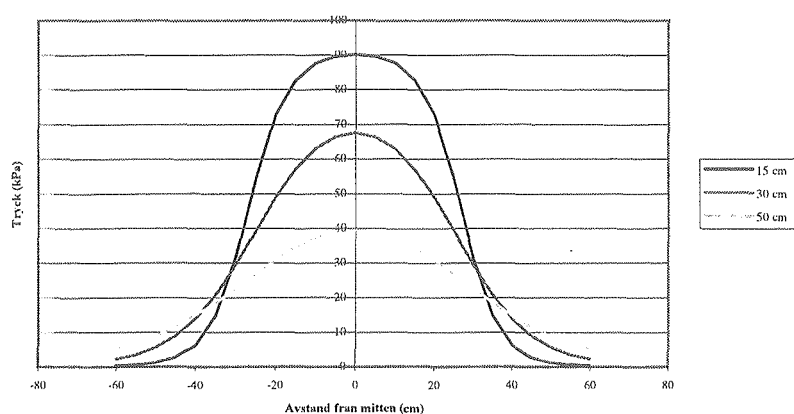
Figur 2. Tryckfördelning under dubbelmontage.



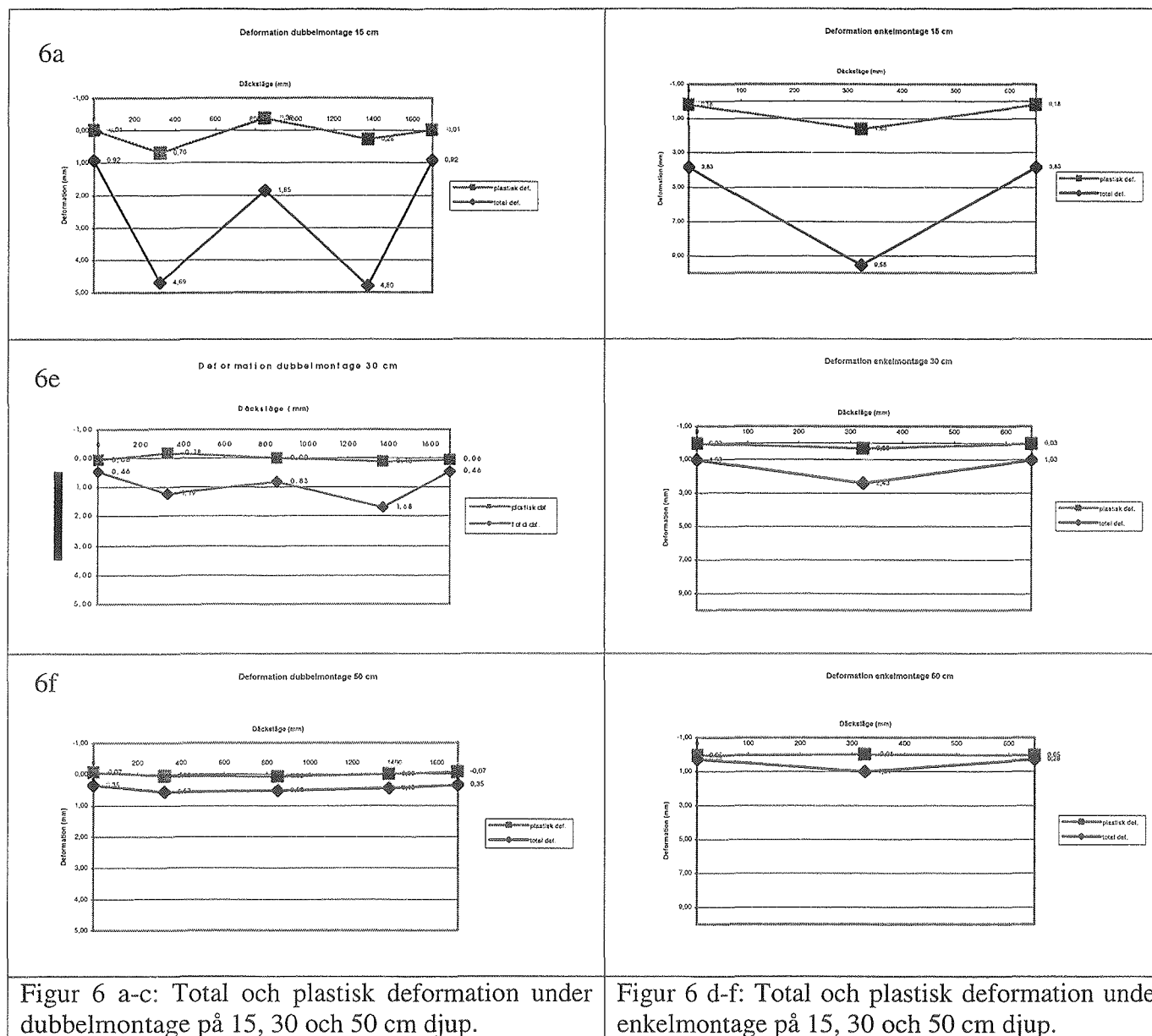
Figur 3. Tryckfördelning under enkelmontage.



Figur 4. Simulerade värden på tryckfördelningen under ett dubbelmontage. (koncentrationsfaktor 4)



Figur 5. simulerade värden på tryckfördelningen under ett enkelmontage. (koncentrationsfaktor 4)



Figur 6 a-c: Total och plastisk deformation under dubbelmontage på 15, 30 och 50 cm djup.

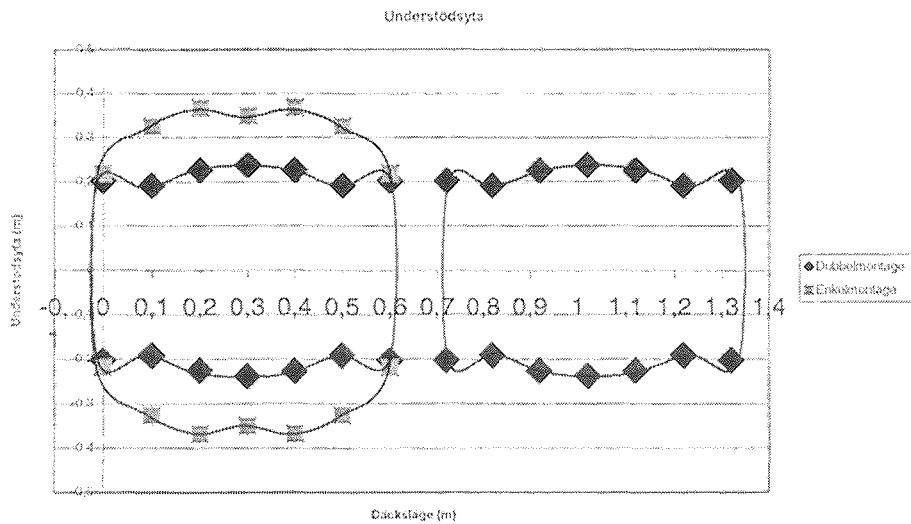
Figur 6 d-f: Total och plastisk deformation under enkelmontage på 15, 30 och 50 cm djup.

Tabellerna (2a,b och c) nedan visar uppmätt deformation (mm) och tryck (kPa) på de olika nivåerna. På 15 cm djup (tabell 2a) blev den plastiska deformation 233 % större med enkelmontage jämfört med dubbelmontage. Trycket från enkelmontage var 85 % högre jämfört med dubbelmontage. Det innebär att trycket i de övre jordskikten påverkades till stor del av ringtryck och hjullast. På 30 cm djup blev den elastiska deformationen 42 % större för enkelmontage och var signifikant högre än från dubbelmontagets deformation. Trycket mitt under hjulen var signifikant högre än i de båda montage. På den tredje nivån (tabell 2c) var den totala deformationen signifikant högre under enkelmontagets mitt än de övriga. Dock fanns ingen signifikant skillnad i elastisk och plastisk deformationen mellan däcksutrustningarna. Trycken var låga för båda montage på 50 cm djup och var signifikant skilda från varandra.

Trycket var högst mitt under hjulet och var lägst vid kanten.

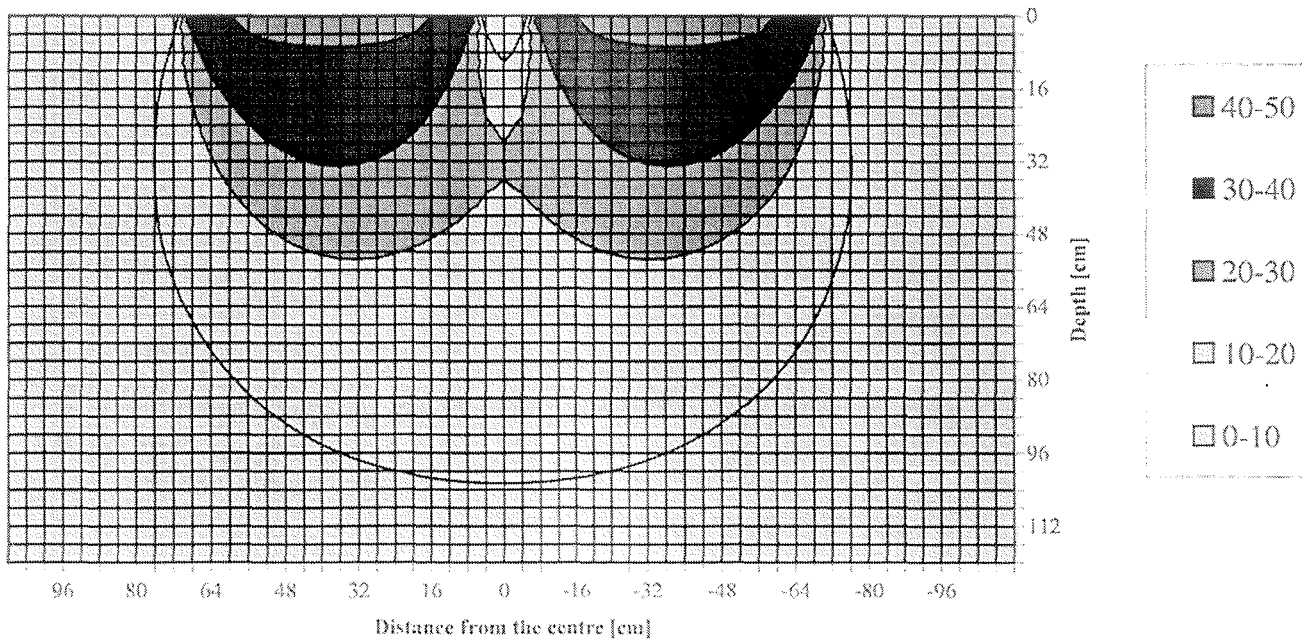
Beräkning av understödsyta

Den verkliga understödsytan räknades fram utifrån mätvärden från de ytliga sondaerna och gav några säkra punkter i diagrammet (figur 7). Dessa sammanbands sedan med en linje på fri hand för att få fram en grov uppskattning av understödsytan. Understödsytan för ett däck i dubbelmontaget blev $0,24 \text{ m}^2$ ($0,6 \cdot 0,4$) och för ett enkelmontagedäck blev understödsytan $0,39 \text{ m}^2$ ($0,6 \cdot 0,65$). Utifrån dessa värden på understödsytan skulle ett beräknat ringtryck bli 53 kPa för dubbelmontaget och 61 kPa för enkelmontaget (Det verkliga ringtrycket för dubbelmontage var 40 kPa och för enkelmontage 95 kPa).



Figur 7. Uppmätt deformation under enkelmontage resp dubbelmontage.

Vertical stress s_z [kPa]



Figur 8. Simulerad tryckutbredning, dubbelmontage

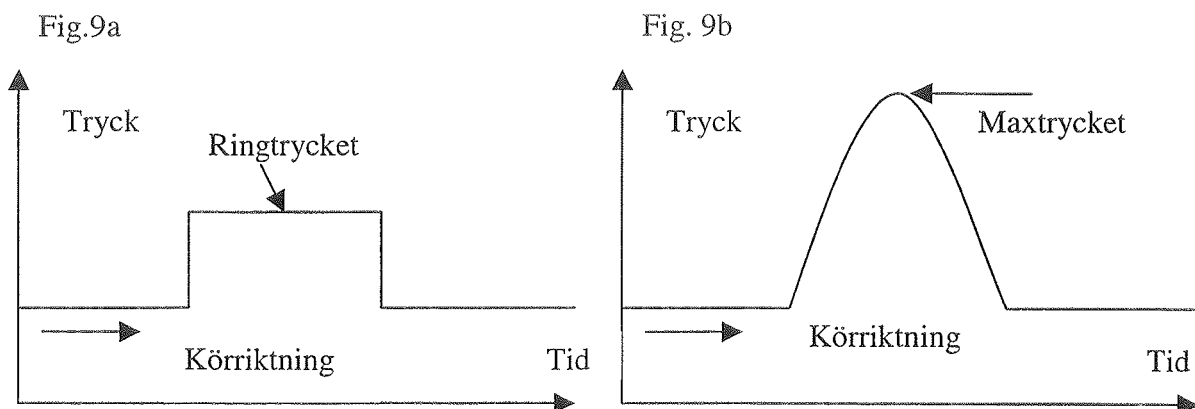
DISKUSSION

Skillnader i tryck mellan enkel- och dubbelmontage

Enligt mätningarna erhöles lägre maxtryck på samtliga nivåer med dubbelmontage och 40 kPa ringtryck än med enkelmontage med 95 kPa ringtryck (se figur 2 och 3). Detta betyder att användande av dubbelmontage istället för enkelmontage samt sänkt ringtryck är en viktig åtgärd för att minska trycket och packningen både i matjord och alv. Även de simulerade värdena (se figur 4 och 5) visade lägre tryck på samtliga djup med dubbelmontage (40 kPa) än med enkelmontage (95 kPa).

Vid en jämförelse mellan diagrammet med uppmätta tryck (figur 2) och det simulerade (figur 4) syns att formen på dessa är mycket lika, vilket tyder på att teori och praktik, i det fallet, stämmer ganska bra överens. Mellan hjulen är trycket lägst på 15 cm djup och högst på 30 cm djup. Detta förklaras av att trycket inte fortplantat sig så mycket i sidled att det ger utslag på 15 cm djup (figur 8), på 50 cm djup sjunker trycket åter p.g.a. avståndet från tryckkällan.

En tydlig skillnad mellan diagrammen i figur 2-3 och 4-5 är värdena på trycken under däck. De uppmätta värdena är mer än dubbelt så höga, på 15 cm djup, än de simulerade värdena. I de simulerade diagrammen går värdet på trycket i marken aldrig över ringtrycket p.g.a. att i uträkningen antas att trycket i anliggningsytan är det samma som ringtrycket, samt att det är jämnt fördelat över ytan. Detta är i själva verket en förenkling av verkligheten. I försöket har vi istället sett att trycket varierar över understödsytan, särskilt i korraktionen. Trycket undre nabbarna är dessutom högre än trycket mellan dessa (Arvidsson, muntl. medd.). De uppmätta värdena anger det högsta värdet på trycket som erhöles vid körning över sönerna (se figur 2).



Figur. 9: I beräkningarna antas att trycket är jämnt fördelat över anliggningsytan och lika med ringtrycket. Detta medför att tryckutslaget skulle bli som i a vid körning över sönerna. I försöket visade det sig att trycket är ojämnt fördelat över anliggningsytan och tryckutslaget blir istället som i b. Det uppmätta trycket var maxtrycket.

En viss osäkerhet finns även i mätningarna då vi inte vet om det tryck vi mäter är detsamma som det verkliga trycket i marken. Egenskaperna hos sönerna skiljer sig från markens egenskaper och detta kan påverka mätvärdena. På 50 cm djup stämmer beräknade värden och uppmätta värden mer överens. Detta beror på att ringtrycket och tryckets fördelning har mindre betydelse djupare ner i profilen. Där är det istället hjullasten som påverkar trycket.

Samverkan mellan hjulen i dubbelmontaget

I diagrammet (figur 2) syns att det endast är liten samverkan mellan hjulen i dubbelmontagen. Dessa verkar istället huvudsakligen som två skilda däck, även på 50 cm djup i profilen. Axelbelastningen kan alltså delas upp på fyra hjul och det är denna hjullast som har betydelse för packningen i alven. Den gamla tumregeln om att axelbelastningen inte bör överstiga 6 ton för att motverka packning av alven stämmer alltså inte i fallet med dubbelmontage. Detta försök visar dock att hjulen i ett dubbelmontage verkar som skilda hjul även i alven och axelbelastningen kan då delas upp på fyra hjul istället för två. Även de simulerade värdena (figur 4) visar att det i princip inte förekommer samverkan mellan hjulen i ett dubbelmontage. Tryckutbredningskurvorna (simulerade) i djupled (figur 8) visar att en viss samverkan mellan hjulen kan finnas på ca 1 m djup, där trycket är högst mellan hjulen. På det djupet är trycket dock så lågt som 0-10 kPa och har ingen betydelse för packning.

Deformation

Deformationen på olika djup visas för dubbelmontage i figur 6 a-c och för enkelmontage i figur 6 d-f. Dessa visar samma mönster som kurvorna för tryckfördelningen under däck (figur 1 och 2). Deformationen är som högst i matjorden och sjunker med djupet. Dubbelmontagen ger lägre deformation än enkelmontagen och den plastiska deformationen i matjorden är något lägre med dubbelmontage. Deformationen på 30 och 50 cm djup är i båda fallen mycket liten och består till största delen av elastisk deformation. På 30 cm djup ger enkelmontage en högre deformation än dubbelmontage. På 50 cm djup är det endast mitt under enkelmontaget som ger en signifikant högre total deformation. Den plastiska deformationen är försumbar och det finns inga signifikanta skillnader mellan enkelmontage och dubbelmontage på 30 och 50 cm djup. De låga värdena på den plastiska deformationen innebär att det inte förekom alvpackning vid dessa körningar.

Understödsyta

Den framräknade understödsytan visas i figur 7. Understödsytan för ett däck under dubbelmontaget uppmättes till 0,24 m². Med ett ringtryck på 40 kPa skulle det teoretiska värdet på understödsytan blivit 0,32 m². För enkelmontaget blev den uppmätta understödsytan 0,39 m², medan det teoretiska värdet blev 0,25 m², för ett ringtryck på 95 kPa. Understödsytan för dubbelmontaget blev alltså 25 % lägre än väntat. Detta kan bero på att däckens stelhet hindrar hjulet från att flyta ut så mycket som ringtrycket medger. En viss osäkerhet finns även i den uppmätta understödsytan som beror på sondernas placering under däck och deras mätsäkerhet. För enkelmontaget blev understödsytan 56 % större än väntat. En av förklaringarna till detta kan vara att mätningen blir osäker p.g.a. nabbarnas kraftiga påverkan på trycket över sonderarna.

Övrigt...

Resultaten kan ha påverkats av felkällor såsom installationen av sonderarna i X-, Y- och Z-led, om de har bra jordkontakt samt den individuella variationen mellan sonderarna. En annan svårighet var att köra med hjulen exakt i vinkel mot sonderarna. Körningen gjordes om då hjulet kom för snett. En sond kunde inte visa några tryckvärden så en kompletterande körning gjordes tre veckor senare. Detta gav nya resultat men svårigheten är att veta hur relevanta de är med tanke på att körningen gjordes under andra förhållande vad gäller vattenhalten.

Slutsatser

Dubbelmontaget har stora fördelar jämfört med ett enkeldäck med motsvarande kontaktyta.. Dubbelmontaget verkar som två separata däck tryck och deformation minskar därmed både i matjord och alv . Det medför att varje hjul teoretiskt bär upp en fjärdedel av axellasten vardera. Ett enkeldäck med samma understödsyta som dubbelmontaget bär halva axellasten på ett hjul vilket leder till att ett högre tryck fortplantar sig ner i profilen. Dubbelmontagets mellanrum och hjulens större utbredning blir därmed viktigt för att minska trycket mot marken. Dubbelmontaget ger även möjlighet att sänka ringtrycket eftersom hjullasten minskar.

REFERENSLISTA

Arvidsson, J. (red). 2001. *Jordbearbetningsavdelningens årsrapport*. Nr 101. s. 29 ff. Inst. för markvetenskap. SLU. Uppsala

Arvidsson, J. & Andersson, S. 1997. Determination of soil displacement by measuring the pressure of a column of liquid. 14th ISTRO Conference, Pulawy, Poland

Arvidsson, J., Trautner, A. & Sjöberg, E. 2001. *Alvpackning av tunga betupptagare. Slutrapport från försök 1995-2000*. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Uppsala.

Håkansson, I. 2000. *Packning av åkermark vid maskindrift- omfattning - effekter - motåtgärder*. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Nr 99. Inst. för markvetenskap. SLU. Uppsala

Muntliga meddelanden
Arvidsson, J. 2002-05-30



Institutionen för markvetenskap
Avdelningarna för hydroteknik och jordbearbetning

Bearbetningstidpunktens och -metodens inverkan på markstruktur, såbäddsegenskaper och plantuppkomst

Kristina Eek
David Hårsmar
Olof Johansson

Handledare: Johan Arvidsson, Åsa Myrbeck

2002-05-30

Projektarbete inom kursen jordbearbetning och hydroteknik, MV0060

Innehåll

<u>Sammanfattning</u>	2
<u>Inledning</u>	3
<u>Syfte</u>	3
<u>Utförande</u>	3
<u>Resultat</u>	5
<u>Såbädd</u>	5
<u>Genomsläpplighet och skrymdensitet</u>	6
<u>Plantuppkomst</u>	7
<u>Diskussion</u>	9
<u>Slutsatser</u>	11
<u>Referenser</u>	11

Sammanfattning

Valet av bearbetningstidpunkt- och metod på hösten påverkar vårens såbädd. Sen bearbetning tros minska risken för kväveläckage, men mot detta måste risken för negativa effekter på markstruktur ställas. Denna rapport bygger på ett försök där syftet är att klargöra hur stora dessa negativa effekter är för plöjning respektive kultivering. Resultat från såbäddsundersökning, cylinderprovtagning och planträkning visade inte några tydliga skillnader mellan försöksleden men i fält kunde en jämnare uppkomst noteras för kultiverat led samt bättre uppkomst ju tidigare bearbetningen utfördes på hösten. Höstplöjning till ca 20 cm gav ett grövre bruk än kultivering två gånger till 12 cm djup. Sen bearbetning gav en mer ojämn såbotten än bearbetning vid tidig och normal tidpunkt.

Inledning

Denna rapport bygger på resultat från försöksserien R2-4111. Försöksserien syftar till att öka kunskapen om hur bearbetningstidpunkt och -metod inverkar på markstruktur och kväveutlakning. Avgörande för bearbetningseffekten är markens aktuella vattenhalt, vattenhalten ökar normalt under hösten. Ju högre vattenhalt vid bearbetningen desto större blir packningsskadorna på markstrukturen (Håkansson, 2000). Förutom att sen bearbetning kan ha negativ effekt på markstrukturen minskar också verkan av vinterns strukturbildande processer. En hypotes är att känsligheten för förhållandet vid bearbetningen är större vid kultivering än vid plöjning. Detta skulle visa sig som större andel grova aggregat efter kultivering ju fuktigare förhållandena är.

En fördel med sen bearbetning anses generellt var att kväveutlakningen minskar. (Stenberg & Aronsson, 1999) Nya forskningsresultat antyder emellertid att detta ej behöver vara fallet på styva lerjordar. (Arvidsson, 2001) Dessutom har tidigare publicerade resultat från denna försöksserie hittills visat att sen bearbetning endast ger en marginell minskning av kväveläckaget på styva leror (Arvidsson, 2000). I denna rapport behandlas inte kväveproblematiken vidare, istället läggs vikten på hur markens struktur påverkas.

Syfte

Syftet är att studera hur bearbetningstidpunkt på hösten samt bearbetningsredskap (plog respektive kultivator) inverkar på markstruktur, såbäddsegenskaper och plantuppkomst.

Utförande

Det aktuella försöket lades ut 1999 på en styv lera vid Ultuna. Fältförsöket var ett split-plot försök (se tabell 1 och figur 1) med bearbetningarna plöjning och stubbearbetning i storrutor. I varje storruta fanns tre försöksrutor med tre olika bearbetningstidpunkter. I försöket fanns fyra block. Varje block bestod av två storrutor. Plöjning utfördes till ett djup av ca 20 cm. Kultivering gjordes två gånger till ca 12 cm djup.

Tabell 1. Förteckning över de olika försöksled som ingår i fältförsök R2-4111

Led	Bearbetning	Tidpunkt för bearbetning	Datum 2001
A1	Plöjning	Tidig, 15 aug.-1 sept.	21 aug.
A2	Plöjning	Normal, 15 sept.-1 okt.	27 sept.
A3	Plöjning	Sen, 10 okt. eller senare	9 nov.
B1	Kultivering	Tidig, 15 aug.-1 sept.	21 aug.
B2	Kultivering	Normal, 15 sept.-1 okt.	27 sept.
B3	Kultivering	Sen, 10 okt. eller senare	9 nov.

A1	A2	A3	B1	B2	B3	A3	A2	A1	B3	B2	B1
storruta			storruta								
B2	B3	B1	A3	A2	A1	B2	B3	B1	A1	A2	A3
B L O C K											

Figur 1. Försöksplan med A=plöjning, B=kultivering, 1=tidig bearb. tidp., 2=normal bearb. tidp., 3=sen bearb. tidp.

Föroksrutorna såddes med korn den 16/4 2002. Direkt efter sådden utfördes såbäddsundersökning i samtliga försöksrutor, enligt metodik beskriven av Håkansson et.al. (2002). För att mäta genomsläpplighet och skrymdensitet togs cylindrar (Ø72mm, h=50mm) ut från djupet 7,5-12,5 cm, tre per försöksruta. Cylindrarna vattenmättades i laboratorie och den mättade konduktiviteten mättes sedan genom att trycksätta proven med 0,1 m.v.p. Mätningen pågick tills genomrunnen volym uppgick till 100 ml eller maximalt under 60 min. För att bestämma skrymdensiteten torkades proven i 105°C under 2 dygn.

Planträkning utfördes på två platser den 7/5 2002 i samtliga försöksrutor. Ramar med en area av 0,25 m² lades ut och plantorna i ramen räknades.

Vid beräkning av genomsläpplighet krävdes en logaritmering av uppmätta värden före den statistiska behandlingen. Användandet av denna metod gör att värdena blir normalfördelade.

Resultat

Såbädd

Beträffande ojämnheten i ytan för såbädden eller såbäddens djup kunde inga signifikanta skillnader noteras mellan leden. Däremot var såbotten signifikant ($P < 0,01$) mer ojämn om en sen bearbetning tillämpas. För plöjning kunde ses att såbotten blev mer ojämn, denna skillnad var på gränsen till signifikant ($P = 0,055$) (tabell 2).

Tabell 2. Såbäddens ojämnhet i markytan och såbotten som differensen mellan högsta och lägsta punkt samt såbäddens djup

		Yta (mm)	Såbotten (mm)	Djup (mm)
Bearbetningssystem	Plöjning (A)	52,08	47,42	37,29
	Kultivering (B)	51,42	33,08	34,17
Tidpunkt	Tidig (1)	51,75	37,88	37,50
	Normal (2)	53,63	34,50	37,50
	Sen (3)	49,88	48,38	32,19
Signifikans	Bearbetning	n.s.	0.0552	n.s.
	Tidpunkt	n.s.	**	n.s.
	Samspel	n.s.	n.s.	n.s.

Beträffande vattenhalten i såbädden var ytan påverkad mest av bearbetningsmetod och tidpunkt. Den sena bearbetningen gav en signifikant ($P < 0,05$) högre vattenhalt i ytan än bearbetning vid normal tidpunkt. Det fanns även en tendens till att plöjning medförde högre vattenhalt i ytan än om kultivering tillämpades (tabell 3).

Tabell 3. Vattenhalter i såbäddens olika skikt samt i såbotten

		Skikt 1	Skikt 2	Skikt 3	Såbotten
Bearbetningssystem	Plöjning (A)	12,7%	14,1%	14,5%	26,8%
	Kultivering (B)	10,8%	13,2%	14,9%	27,6%
Tidpunkt	Tidig (1)	11,6%	13,8%	14,5%	27,0%
	Normal (2)	10,8%	13,3%	14,5%	27,5%
	Sen (3)	12,8%	13,9%	15,0%	27,2%
Signifikans	Bearbetning	0,1028	n.s.	n.s.	n.s.
	Tidpunkt	*	n.s.	n.s.	n.s.
	Samspel	n.s.	n.s.	0,0776	n.s.

För såbäddsundersökningen kunde inte konstateras några signifikanta skillnader för aggregatstorleksfördelningen inom olika skikt (tabell 4). En tendens kunde dock skönjas att andelen aggregat >5mm var större i de båda övre skikten, 1 och 2.

Tabell 4. Aggregatstorleksfördelning i procent för såbäddens olika skikt. A=plöjning, B=kultivering, 1=tidig bearb. tidp., 2=normal bearb. tidp., 3=sen bearb. tidp.

	Skikt 1			Skikt 2			Skikt 3		
	>5 mm	2-5 mm	<2 mm	>5 mm	2-5 mm	<2 mm	>5 mm	2-5 mm	<2 mm
A1	62	15	22	35	20	45	17	19	64
A2	63	12	24	34	21	44	17	24	59
A3	68	14	18	38	20	42	19	25	56
B1	53	22	26	30	25	45	19	27	55
B2	63	18	19	32	26	42	17	27	56
B3	55	20	25	30	26	45	15	29	57
A	64,5	13,8	21,7	35,7	20,6	43,7	17,6	22,5	59,9
B	56,8	20,0	23,3	30,5	25,6	44,1	16,7	27,6	55,7
1	57,6	18,5	23,9	32,5	22,5	45,0	17,8	22,7	59,5
2	63,1	15,2	21,7	33,0	23,6	43,4	17,0	25,7	57,3
3	61,3	16,9	21,8	33,8	22,9	43,2	16,7	26,7	56,7
Sign. bearb.	n.s.	0,0810	n.s.	0,0381	n.s.	n.s.	n.s.	0,1100	n.s.
tidp.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
samp.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Genomsläpplighet och skrymdensitet

I tabell 5 syns att genomsläppligheten blev högre om plöjning tillämpas. Detta var en tendens som sågs oavsett vilka medelvärden som beräknats från cylindrar: median, aritmetiskt eller logaritmiskt. Logaritmiska medelvärden uppvisade en nästintill signifikant skillnad mellan bearbetningsmetoderna.

Tabell 5. Genomsläpplighet, k-värde, beräknad utifrån olika medelvärden från cylindrarna

Medelvärde (cm/h):		Median	Aritmetiskt	Logaritm
Bearbetningssystem	Plöjning (A)	0,315	1,602	0,053
	Kultivering (B)	0,023	0,280	0,012
Tidpunkt	Tidig (1)	0,042	0,854	0,029
	Normal (2)	0,282	0,598	0,021
	Sen (3)	0,185	1,370	0,025
Signifikans	Bearbetning	n.s.	n.s.	0,0897
	Tidpunkt	n.s.	n.s.	n.s.
	Samspel	n.s.	n.s.	n.s.

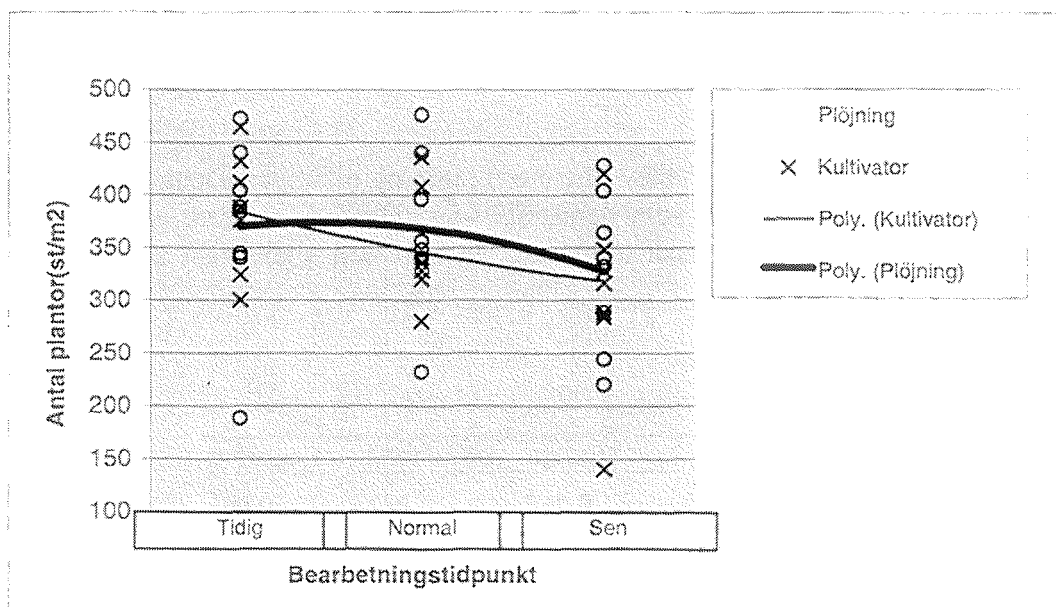
För skrymdensitet kunde inga signifikanta skillnader observeras överhuvudtaget (tabell 6). Det kunde inte heller konstateras någon korrelation mellan skrymdensitet och genomsläpplighet.

Tabell 6. Skrymdensitet för cylindrar

		Skrymdensitet (g/cm ³)
Bearbetningssystem	Plöjning (A)	1,328
	Kultivering (B)	1,353
Tidpunkt	Tidig (1)	1,339
	Normal (2)	1,328
	Sen (3)	1,356
Signifikans	Bearbetning	n.s.
	Tidpunkt	n.s.
	Samspel	n.s.

Plantuppkomst

I fält såg det ut som om uppkomsten var jämnare och bättre i de led som stubbearbetats (se bild 1 och 2). Detta kunde dock ej styrkas med några signifikanta skillnader. I figur 2 syns även en tendens till att tidigare bearbetning gav en bättre uppkomst ($P=0.085$).



Figur 2. Diagrammet visar hur plantuppkomsten påverkas av bearbetningsmetod och bearbetningstidpunkt. Bearbetningstidpunkter: Tidig = 21/8, Normal = 27/9, Sen = 9/11.



Bild 1. Jämn uppkomst i stubbearbetat led (ruta 15, B1, 2002-05-08).

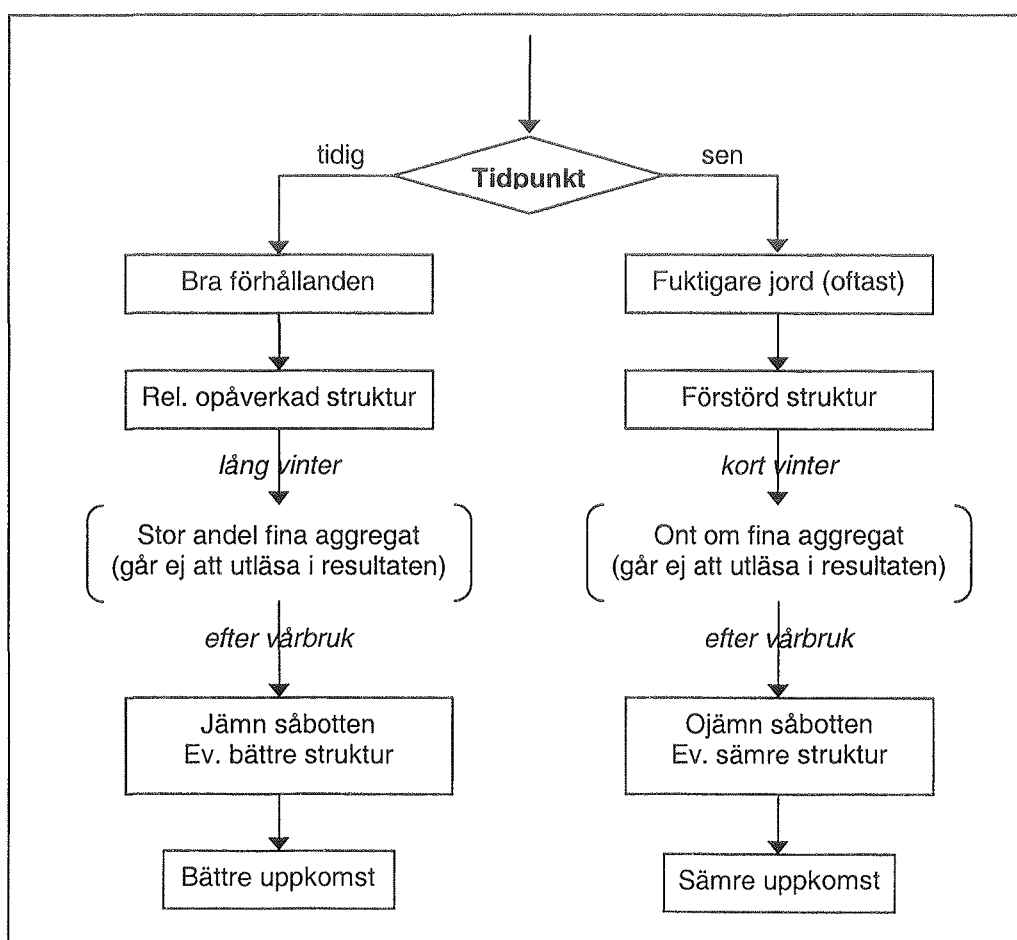


Bild 2. Ojämn uppkomst efter plöjning (ruta 18, A1, 2002-05-08).

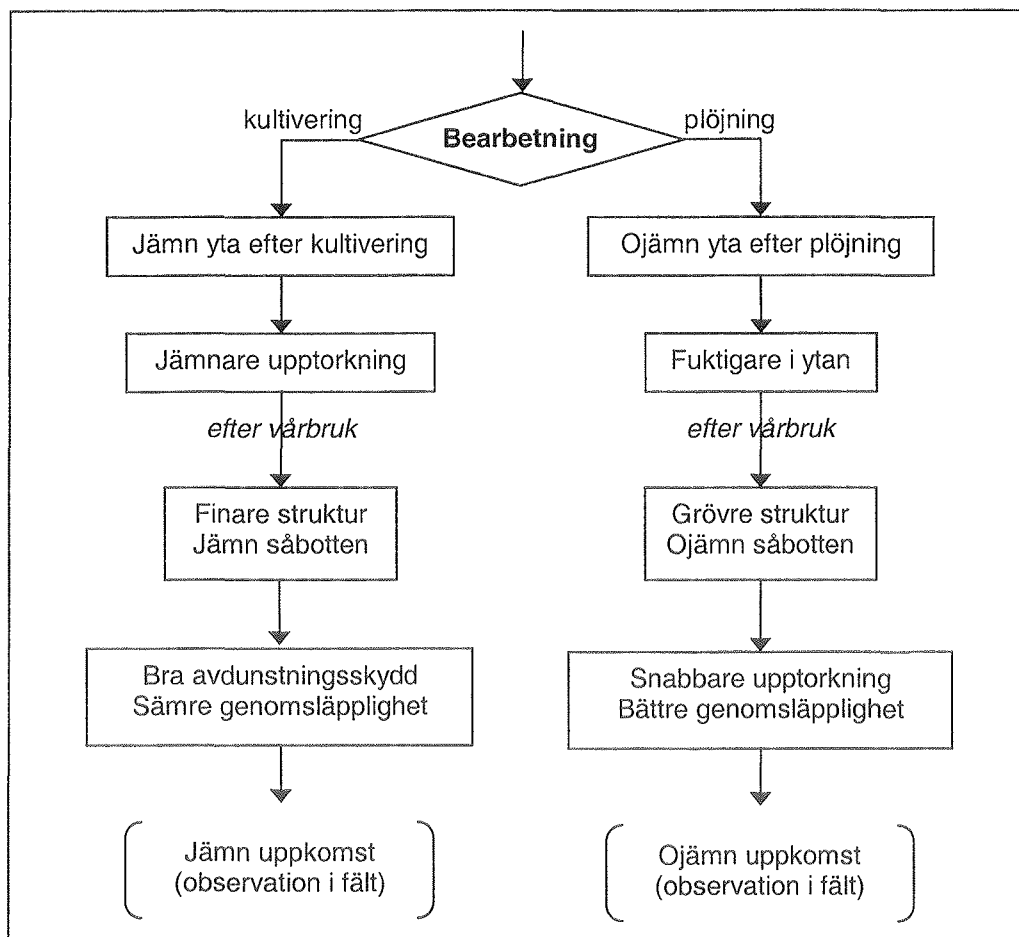
Diskussion

Det vi framförallt vill peka på från våra resultat är att vi får bättre plantuppkomst vid tidig bearbetning. Förklaringen torde finnas i effekter på markstrukturen. Ett resultat som styrker detta är att såbotten är mer ojämn vid sen bearbetning, vilket även påvisats i tidigare jordbearbetningsprojekt utfört vid SLU (Arvidsson, 2001). Eventuellt har den sena bearbetningen lett till att markstrukturen försämrats, detta kan dock ej läsas ur såbäddsundersökningen. Resonemanget åskådliggörs i figur 3.

I fält noterades att uppkomsten såg ut att vara jämnare i de led som stubbearbetats, detta kunde emellertid inte styrkas statistiskt. En möjlig förklaring till denna synliga tendens är att fältet är ojämnt efter plöjning. Vid vårbruket förs torr jord från tilttopparna ner i tiltdalarna. De avskalade tilttopparna har en hög vattenhalt. De har samtidigt inte varit utsatta för vinterns strukturbildande processer på samma sätt som mer ytligt belägna lager. Detta gör att vårbruket blir grövre, vilket i sin tur leder till att såbädden torkar ut snabbare och påverkar uppkomsten negativt (Heinonen, 1985). I figur 4 sammanfattas resonemanget kring valet av bearbetningssystem. När samma undersökning utfördes förra året (Arvidsson, 2001) gav plöjning en finare såbädd än kultivering ($P < 0,01\%$). Resultatet i denna rapport tyder på motsatsen, men är dock inte signifikant.



Figur 3. Sammanfattande figur om effekter av bearbetningstidpunkt.



Figur 4. Sammanfattande figur om effekter av bearbetningsmetod.

Genomsläppligheten är högre under såbotten (7,5-12,5 cm) vid plöjning. Detta är logiskt då plöjning luckrar jorden mer än kultivering på detta djup. Cylindrarna togs från en nivå där det eventuellt fanns en tillpackad "kultiveringssockla". Under kultiveringsdjupet är det troligt att genomsläppligheten är högre i de kultiverade leden. Detta genom att ett stabilt och sammanhängande system av porer utvecklas i den icke bearbetade jorden (Håkansson, 2000). I ytan borde genomsläppligheten vara högre i de kultiverade leden eftersom det där finns mer växtrester (Heinonen, 1985). Det skulle vara intressant att undersöka vilket bearbetningssystem som totalt sett ger störst genomsläpplighet.

Tidigare resultat från samma försöksserie (Arvidsson, 2001) visar att tidig-normal bearbetningstidpunkt ger störst andel fina aggregat i såbädden. Det kan emellertid inte styrkas i detta försök. En förklaring är att det regnade hela hösten 2001, vilket gjort att vattenhalten inte har skiljt sig mellan de olika bearbetningstidpunkterna.

Det faktum att skrymdensiteten inte kunde kopplas till genomsläpplighet visar att jorden trots en tät och kompakt struktur kan släppa igenom stora mängder vatten. Skrymdensiteten är således inte ensamt något bra mått på jordens funktionella egenskaper.

Såbäddsundersökningen, cylinderprovtagningen och planträknningen kunde inte bekräfta någon samspelseffekt mellan bearbetningstidpunkt och -metod. Hypotesen att kultivatorbearbetning

är mer känslig för fuktiga förhållanden än plöjning och ger en större andel grova aggregat tycks alltså inte gälla. Möjligtvis kan ett sådant samband visa sig i skördemätningarna.

Slutsatser

- Plantuppkomsten av vårkorn blev bättre efter tidig bearbetningstidpunkt på hösten.
- Plöjning till ca 20 cm gav ett grövre bruk än kultivering två gånger till 12 cm djup.
- Sen bearbetning gav en mer ojämn såbotten än bearbetning vid tidig och normal tidpunkt ($P < 0,01\%$).
- Kultivering påverkar lagren strax under såbotten så att genomsläppligheten minskar.

Referenser

- Arvidsson, J. (red.). 2000. Jorbearbetningsavdelningens årsrapport 2000. Inst. f. markvetenskap, avd. f. Jordbearbetning. SLU. Uppsala
- Arvidsson, J. (red.). 2001. Jorbearbetningsavdelningens årsrapport 2001. Inst. f. markvetenskap, avd. f. Jordbearbetning. SLU. Uppsala
- Arvidsson, J. (red.). 2001. Såbäddsegenskaper och plantuppkomst vid olika bearbetningsmetoder och bearbetningstidpunkter på en styv lera. Projektarbeten i kursen jordbearbetning och hydroteknik. Meddelanden från Jorbearbetningsavdelningen. Inst. f. Markvetenskap. SLU. Uppsala
- Heinonen, R. 1985. Soil management and crop water supply. Dep. Soil Sciences. SLU. Uppsala
- Håkansson, I., Myrbeck, Å., Etana, A. 2002. A review of research on seedbed preparation for small grains in Sweden. Soil & Tillage Research, nr 64, 2002. p. 23-40.
- Håkansson, I. 2000. Packning av åkermark vid maskindrift – omfattning, effekter, motåtgärder. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, nr 99. Inst. f. Markvetenskap. SLU. Uppsala
- Stenberg, M. & Aronsson, H. 1999. Plöj senare och minska risken för kväveutlakning! FAKTA jordbruk, nr 2, 1999. SLU. Uppsala



Försök med ekoskär -luckring av plogsulan

Grupp 1
Fredrik Andersson
Karin Hamnér
Carina Ortiz

Uppsala
2002-05-23

Sammanfattning

Plöjning medför ofta bildning av en plogsula. Syftet med detta försök är att titta på ev. luckringseffekter av ett sk. ekoskär på plogen. Försöket ligger på Ultuna norr om genetiska trädgården och mätningarna gjordes i fem olika led. Undersökningarna gjordes genom infiltrations- och penetrometermätningar i plogsulan. Resultatet visar att infiltrationen blev signifikant högst vid plöjning med ekoskär + kalk i fåran. Penetrationsmotståndet blev signifikant lägst vid plöjning med ekoskär två år utan kalk i fåran. Plöjning med ekoskär med kalk i fåran verkar ge mer långvariga effekter på infiltrationen än plöjning med ekoskär utan kalk. Jämförelser gjordes också med biologisk alvluckring.

Inledning

Plöjning medför att marken strax under plogen packas till en plogsula. Den packningen beror främst på trycket från traktorhjulen i fåran (Heinonen, 1985). När marken packas mycket blir den så tät att infiltration av vatten genom profilen blir för låg och rötterna får svårt att tränga ner till alven. När marken packas är det andelen makroporer som försvinner samtidigt som andelen mikroporer ökar. Detta gör att vattnet får svårt att tränga igenom profilen då mikroporer håller kvar vatten mycket starkare än större porer. Dessutom leder packningen till en minskad syrehalt i marken eftersom gasutbytet försämras. (Arvidsson, 2001). För att öka genomsläppligheten av vattnet genom marken och luckra upp plogsulan finns det olika metoder som djupbearbetning, reducerad bearbetning och biologisk alvluckring (Håkanson, 2000). En annan metod är luckring med hjälp av Kvernelands sk ekoskär. Ekoskåret är en tillsats till plogen som monteras under plogkroppen och har formen som ett vinklat järn. Med det extra skäret luckras plogsulan ner till 10 cm djup.

Syftet med denna undersökning är att studera eventuell luckring av plogsulan med ett ekoskär under den vanliga plogkroppen och även jämföra det med biologisk alvluckring. Detta utförs genom att mäta infiltration och penetrationsmotståndet i marken. Den biologiska alvluckringen undersöks av John Löfqvist på institutionen för markvetenskap, SLU.

Material och metoder

Försöksplatsen

Försöksplatsen vid försök med ekoskär ligger ca 30 m i nordlig riktning från Genetiska trädgården på SLU i Ultuna. Försöket är ett split-plotförsök, och består av två storrutor med tre block i vardera ruta. Den ena storrutan är kalkad på ytan. Försöket startades hösten år 2000. Försöksleden beskrivs i tabell 1. Inga tester utfördes på led D eftersom den tredje plöjningen inte hade gjorts ännu. Mätningarna gjordes alltså i fem led. (Fältkort 2002 R2-4124)

Tabell 1. Försöksleden vid försök med ekoskär.

Led	Brukningsmetod
A	Plöjning
B	Plöjning med ekoskär år 1
C	Plöjning med ekoskär år 1 och 2
(D	Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3)
E	Plöjning med ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1
F	Plöjning + kalk i fåran år 1

Platsen för försök med biologisk alvluckring ligger närmast norr om försöksplatsen för ekoskåret. Försöket är indelat i fyra block. Försöksleden beskrivs i tabell 2. Led I är en referens som är opackad och de övriga är packade 1998. Led C alvluckrades i växande gröda 18/10-1999 (Fältkort 2002 R2-7117).

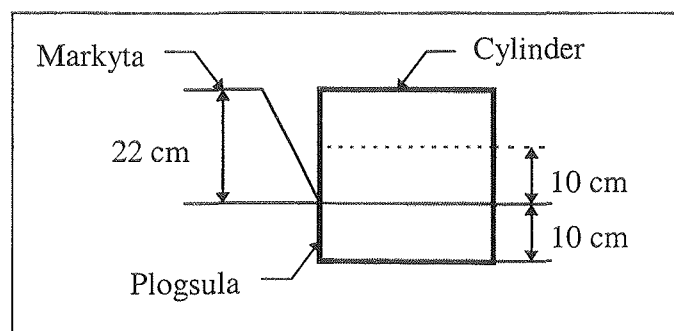
Tabell 2. Försöksleden vid försök med biologisk alvluckring.

Led	Brukningsmetod
A	Lupin
B	Lucern
C	Lucern alvluckrad
D	Rödklöver
E	Ängsvingel + Rörsvingel
F	Cikoria
G	Korn
H	Korn alvluckrad
I	Korn opackat (referens)

Infiltration

Infiltrationsförsöken för ekoskåret genomfördes fredag 3/5-02 och måndag 6/5-02 till onsdag 8/5-02. Totalt gjordes 31 mätningar. Infiltrationsförsöken för försök med biologisk alvluckring genomfördes veckan efter av John Löfqvist.

Infiltrationsmätningarna utfördes genom att gräva bort matjorden ner till 22 cm så att plogsulan blottades. För att skapa en bra yta på plogsulan användes en murslev för att få fram den naturliga strukturen. Sedan slogs en cylinder, 40 cm i diameter, ner till 10 cm djup i plogsulan. Detta beskrivs i figur 1.



Figur 1. Beskrivning av mätmetoden.

Mätningarna utfördes genom att fylla på vatten upp till 10 cm ovanför plogsulan vid startpunkten för mätserien. Efter fem minuter mättes avståndet från cylinderns överkant till vattenytan och efter ytterligare 5 min (totalt 10min) mättes avståndet igen. Differensen mellan dessa värden användes till att beräkna flödet. Lika mätningar gjordes också mellan 15-20 min, 30-35 min och 60-65 min från start. Mellan mätningarna hölls vattenytan ca 10 cm ovanför plogsulan för att gradienten inte skulle variera för mycket.

K-värdet kunde sedan räknas fram från det uppmätta flödet genom formeln:

$$K = q / I$$

K= konduktiviteten

q= flöde (cm/h)

I= gradienten

Gradienten beräknas genom att dela den totala tryckhöjden (20 cm) med den fria vattenhöjden (10 cm). Detta ger en gradient på 2.

Markmotstånd

Markmotståndet bestämdes genom mätning med en penetrometer. Penetrometern mäter det motståndet rötterna möter när de växer i marken. Den består av en stav med en spets som trycks ned i jorden under tiden som den mäter kraften som går åt. (Håkansson, 2000) Penetrometern anger motståndet i kg och för att omvandla det till kPa, multiplicerades värdet med 76 (Arvidsson, 2002). I varje led gjordes åtta mätningar med penetrometern. Mätningarna gjordes till 50 cm djup.

Resultat och diskussion

Infiltrationsmätningar

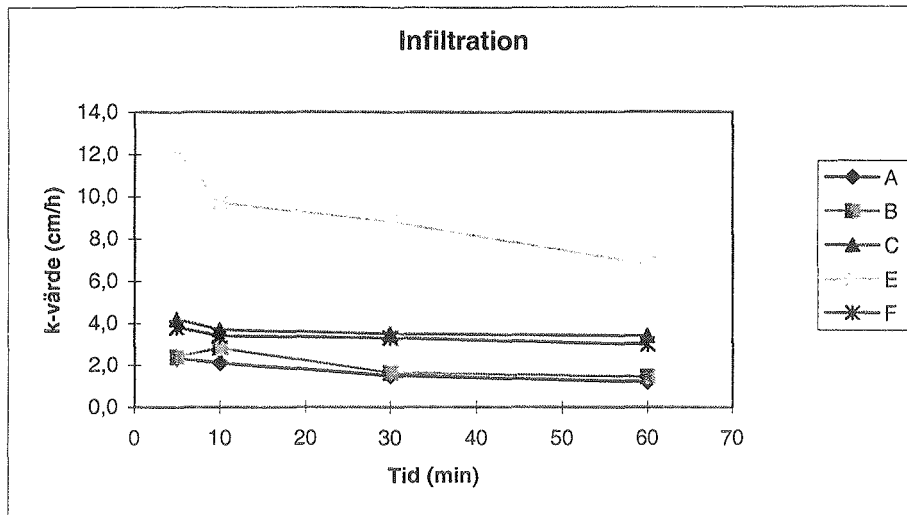
Ekoskär

Statistiska skillnader uppnåddes på alla tider utom vid 60 minuter som hade ett probvärde på 0,08 i leden. Led E (se figur 2), plöjning 1 gång med ekoskär med kalk i fåran, hade statistiskt högre k-värden än övriga led.

Plöjning med ekoskåret ett år, led B, gav inga större skillnader från led A, konventionell plöjning. Det innebär att enbart plöja med ekoskåret en gång ger mycket kortsiktiga förbättringar. Även plöjning med ekoskåret två gånger utan kalk i fåran ledde till mycket lika resultat som konventionell plöjning med kalk i fåran år 1. Kalken verkar därför ha stor betydelse för att alvluckringen ska bibehållas. Även om kalkning verkar ge mycket positiva resultat finns det problem eftersom det inte finns några kommersiell utrustning för att sprida kalk i samband med plöjning.

Eftersom infiltrationsmätningarna utfördes under flera dagar då vädret varierade kan det ha påverkat resultatet. Mätningar som gjordes mån 6/5, dvs direkt efter ett regn gav k-värden 0 cm/h i de flesta leden. Detta kan ha berott på att jorden svällde igen av

regnet. Detta medförde också svårigheter att få fram en bra yta eftersom plogsulan blev mycket smetig.



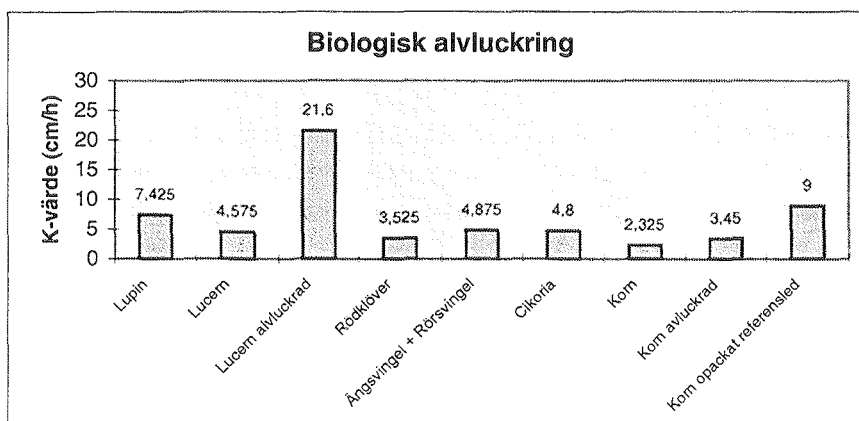
Figur 2. K-värden av försök med ekoskär

Biologisk alvluckring

Led C, lucern alvluckrad, var statistiskt skilt från de andra leden, med högre infiltration. Även led G, korn, var statistiskt skilt från led A (lupin) och I (korn opackat referensled). (se figur 3)

Jämförelser mellan ekoskåret och den biologiska alvluckringen visar att odling av lucern ger betydligt högre infiltration än samtliga led i ekoskärförsöket. De övriga grödorna gav lägre infiltration än ledet med ekoskär och kalk i fåran, men låg på ungefär samma nivå som övriga led i ekoskärsförsöket.

Andra försök med biologisk alvluckring har gett betydligt lägre k-värden än detta försök. (Arvidsson, 2000) Detta kan bero på att det tidigare försöken endast hade legat i ett år när undersökningarna gjordes. I detta försök har grödorna legat i tre år vilket innebär att rötterna har hunnit breda ut sig och luckra mer.

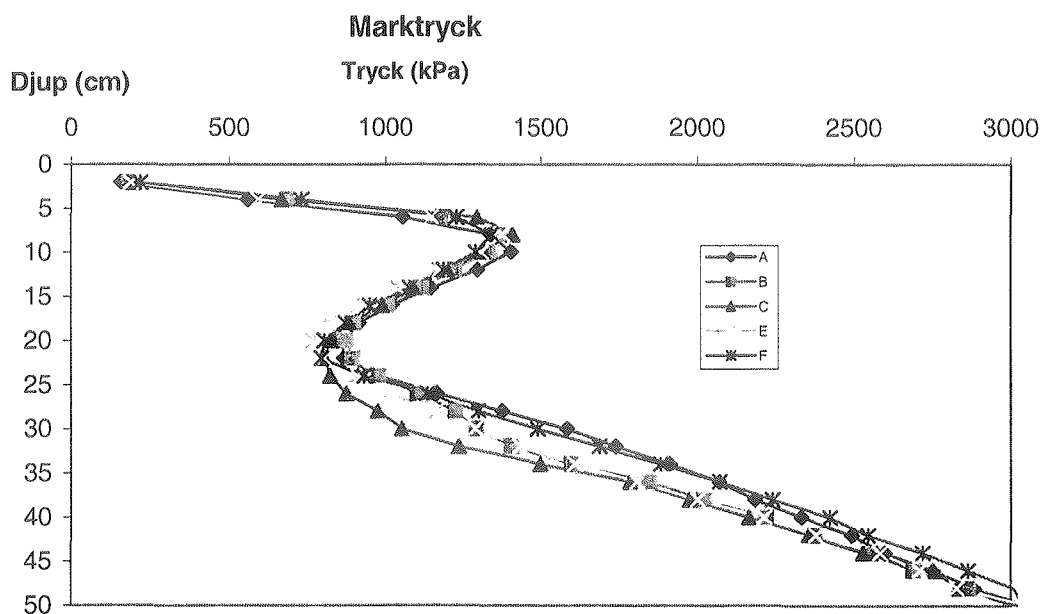


Figur 3. K-värden av biologisk alvluckring.

Penetrometermätningar

Inga statistiska skillnader uppnåddes förrän 26 cm djup med ett probvärde på 0,008. Led C (se figur 4), plöjning med ekoskär 2 gånger utan kalk i fåran, hade statistiskt lägre motstånd jämfört med de övriga leden. Tendensen höll i sig ända ned till 30 cm djup. Det fanns enbart signifikanta skillnader i plogsulan mellan leden från 26-34 cm djup där 34 cm djup hade ett probvärde på 0,059.

Jämförelser mellan infiltration- och penetrometermätningar visar att det finns skillnader i vilket led som gav bäst resultat. Led C, plöjning med ekoskär två gånger utan kalk i fåran, gav lägst markmotstånd och led E, plöjning en gång med ekoskär med kalk i fåran, gav högst k-värde. Detta kan bero på att markstrukturen får varierande utseende i leden och det kan påverka infiltration och markmotstånd på olika sätt.



Figur 4. Penetrationsmotstånd i marken vid försök med ekoskär.

Slutsatser

Plöjning med ekoskär verkar endast ge kortvariga positiva effekter på markstrukturen i plogsulan. Effekterna på infiltrationen blir mer långvariga vid tillsats av kalk i fåran både vid plöjning med ekoskär och konventionell plöjning. För att få fram fullständiga resultat krävs undersökningar ännu ett eller flera år.

Referenser

Skriftliga

Arvidsson, J et al. 2001. Alvpackning av tunga betupptagare. Slutrapport från försök 1995-2000 nr 102. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, inst. för markvetenskap, SLU. Uppsala.

Arvidsson, J. 2000. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2000 nr 101. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, inst. för markvetenskap, SLU. Uppsala.

Fältkort från försök 2002 R2-4124 och 2002 R2-7117. SLU, försöksavdelningen för jordbearbetning.

Heinonen, R..1985. Soil management and crop water supply. 4th ed. Department of Soil Sciences, SLU. Uppsala.

Håkanson, I. 2000. Packning av åkermark vid maskindrift. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, inst. för markvetenskap, SLU. Uppsala.

Löfqvist, J.2002. Värden på flöden från fältförsök 2002 R2-7117.

Muntliga

Arvidsson, Johan. 2002.

Redovisning av projektarbeten om jordbearbetning i kurs Mv 0060, Jordbearbetning och hydroteknik

Projekten redovisas i Mar 2a, måndag 3 juni med start 8.15. Redovisning görs i följande ordning:

1. Låga marktryck i odling med och utan plöjning. *Maria Ehrnebo, Olof Friberg & Björn Roland*. Opponenten: Kristina Eek, Olof Johansson, David Hårsmar.
2. Mätning av tryck och deformation i marken med lastceller och lägessensorer för låga och normala marktryck. *Matts-Ola Anselmsson, Daniel Eriksson, Karin Gustafsson & Eva Nylund*. Opponenten: Fredrik Andersson, Karin Hamnér & Carina Ortiz.
3. Redovisning av examensarbete, Teknik för att minska packning i alven. *Elisabeth Bölenius*.
4. Inverkan av bearbetningstidpunkt på hösten på markens fysikaliska egenskaper, främst i såbädden. *Kristina Eek, Olof Johansson, David Hårsmar*. Opponenten: Maria Ehrnebo, Olof Friberg & Björn Roland
5. Försök med ekoskär - luckring av plogsulan. *Fredrik Andersson, Karin Hamnér & Carina Ortiz*. Opponenten: Matts-Ola Anselmsson, *Daniel Eriksson, Karin Gustafsson & Eva Nylund*

Till varje redovisning finns avsatt ca 40 min. Vi disponerar dock tiden fritt vilket innebär att redovisningarna kan bli kortare eller längre. Varje grupp redovisar sitt arbete ca 20 min. En annan projektgrupp kommer därefter att fungera som opponent (5-10 min). I opponentskapet ingår att bedöma den muntliga presentationen, att bedöma det skriftliga arbetet ur saklig och formell synpunkt och att inleda en diskussion kring arbetets innehåll. Redovisningen avslutas med fri diskussion.

